

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-290225

(43)Date of publication of application : 18.10.1994

(51)Int.Cl. G06F 15/60  
G06F 9/44

(21)Application number : 05-073705

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 31.03.1993

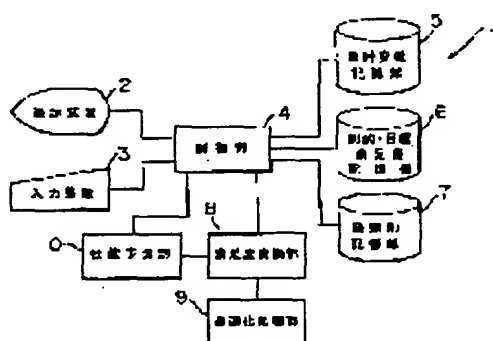
(72)Inventor : KAWAGUCHI KATSUYA

## (54) DESIGN ASSISTING DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide the designing assisting device which finds the design values of a rational component to be designed for properly attaining restriction conditions and target conditions and then reflects the intention of a designer on the design of the component.

**CONSTITUTION:** The design assisting device 1 automatically sets proper design values regarding the component to be designed such as a constituent component of an automobile on the basis of various data, etc. The designing assisting device is equipped with a satisfaction degree conversion part 8 which indexes the respective degrees of satisfaction of the restriction conditions regarding the component to be designed and the target conditions of the component to be designed as membership functions and an optimizing process part 9 which totalizes the respective membership functions of the restriction conditions and target conditions and finds the best solution which makes the restriction conditions and target conditions attain proper degrees of satisfaction as the design values of the object component.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.06.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/60	3 1 0	7623-5L		
9/44	3 3 0 W	9193-5B		

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平5-73705

(22)出願日 平成 5 年(1993) 3 月31 日

(71)出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号

(72)発明者 川口 克也

広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ  
株式会社内

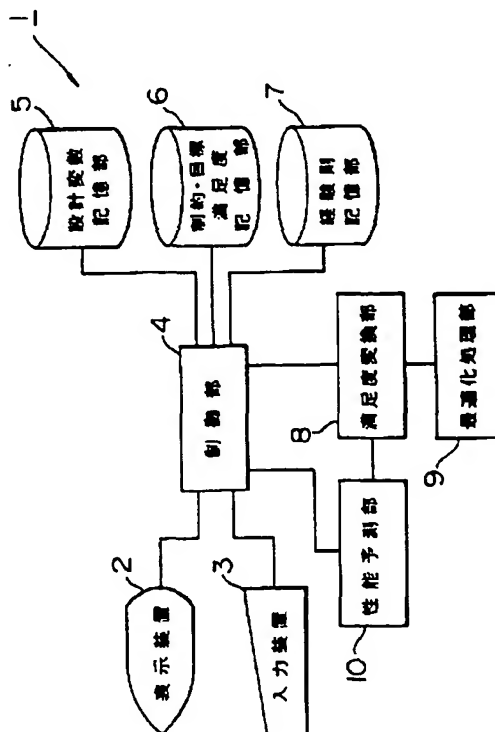
(74)代理人 弁理士 中村 稔 (外 6 名)

## (54)【発明の名称】 設計支援装置

## (57)【要約】

【目的】 制約条件及び目標条件を適正に達成する合理的な設計対象部品の設計値を求め、これにより、設計者の意図を部品設計に反映させることができる設計支援装置を提供する。

【構成】 設計支援装置 1 は、自動車の構成部品などの設計対象部品に関する適正な設計値を、各種データ類に基づき、自動的に設定する。設計支援装置は、設計対象部品に関する制約条件及び該設計対象部品が目標とする目標条件の各々の満足度をメンバシップ関数として指標化する満足度変換部 8 と、制約条件及び目標条件の各メンバシップ関数を総合し、制約条件及び目標条件が適正な全体満足度を達成することができる最適解を設計対象部品の設計値として求める最適化処理部 9 とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 設計対象部品の適当な設計値を、各種データ類に基づき、自動的に設定する設計支援装置において、設計すべき設計対象部品に関する制約条件及び該設計対象部品が目標とする目標条件の各々の満足度をメンバシップ関数として指標化する満足度変換手段と、前記制約条件及び目標条件の各メンバシップ関数を総合し、前記制約条件及び目標条件が適正な全体満足度を達成することができる最適解を設計対象部品の設計値として求める最適化手段とを備えたことを特徴とする設計支援装置。

【請求項2】 経験則により得られた部品の制約条件及び／又は目標条件のデータを保有するデータ保管手段を有し、前記満足度変換手段は、該データ保管手段のデータに基づき、前記制約条件及び目標条件のメンバシップ関数を自動設定することを特徴とする請求項1に記載の設計支援装置。

【請求項3】 前記最適化手段は、前記メンバシップ関数の総合により得られた最適解を更に最適化すべく、前記メンバシップ関数を自動修正するメンバシップ関数修正手段を備えることを特徴とする請求項1又は2に記載の設計支援装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、設計支援装置に関するものであり、より詳細には、自動車の構成部品等の設計対象部品の適当な設計値を、各種データ類に基づいて自動的に設定するように構成された設計支援装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】自動車又は車両の構成部品の配置設計等を支援するための設計支援装置が、特開昭63 168777号公報などによって、提案されている。この種の設計支援装置は、初期データ又は初期条件を入力するための入力部と、入力した情報や、演算結果等を表示する表示部と、各種データ類を記憶する記憶部と、入力データ及び記憶データ等を処理する処理演算部とを備えている。設計者は、比較的少ない労力で適正な部品配置を決定するために、この種の配置設計支援装置を利用することができる。

【0003】しかるに、自動車等の研究・開発では一般に、動力性、燃費、操縦性、安全性、快適性及び耐久性など多種の性能目標を達成する必要がある。近年、自動車の高性能化が進むにつれて、これらの目標は、より一層高いレベルに設定される傾向にあり、例えば、高出力と低燃費、或いは、高い操縦安全性と良好な乗り心地の如く、相反する傾向の性能を互いに両立させる必要性が頻繁に生じている。このような要求を満たすには、性能に係る部品特性を十分に検討し、全ての目標を満足し得る特性を決定しなければならない。このため、実験

計画法などの手法が、或る種の解決法として従来採用されてきたが、計算機技術の進歩に伴い、シミュレーションと数理計画法とを連係させ、これにより最適解を求める手法が、新たな解決法として実用化されつつある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような手法を自動車の研究・開発に应用する場合、以下の如き問題が生じてしまい、容易には実用化し難い。例えば、自動車の部品には、複数の部品による影響を受け、或いは、多因子の車両性能に関連して設計すべきものが数多く存在し、制約条件及び目標条件の調整が非常に複雑且つ煩雑である。設計者は、これら各種条件を処理をする場合、経験的知識や技術的感覚などに基いて、条件の緩和や、適用・不適用などを適宜柔軟に実行せざるを得ない。従って、このような状況下では、2値的な境界条件による通常の数理計画法では解を求め難く、或いは、求め得たとしても、設計者の意図と異なる結果を提示するにすぎない事態が多々生じてしまう。

【0005】また、車両全体の評価又は性能は、個々の因子に係る性能を総合した結果として求められるが、多くの場合、目標の達成度が相対的に低い特定の性能により、全体の評価又は性能が決定されてしまう。このため、自動車の開発においては、複数の性能目標群の中から達成度が相対的に低い目標を見出し、該目標の達成度を改善する試みが、一般になされる。しかしながら、通常の数理計画法にて複数の目標を取扱う場合、このような処理は決して容易ではなく、従って、何らかの合理的な処理手法の開発が望まれている。

【0006】本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、制約条件及び目標条件を適正に達成する合理的な設計対象部品の設計値を求め、これにより、設計者の意図を部品設計に反映させることができる設計支援装置を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段及び作用】本発明者は、最適化計算を合理的に簡素化すべく、ファジィ数理計画法により制約条件及び目標条件の双方をメンバシップ関数化し、制約条件及び目標条件を両立させる全体満足度に基づき、部品設計値の最適化を図った。即ち、本発明は、設計対象部品の適当な設計値を、各種データ類に基づき、自動的に設定する設計支援装置において、設計すべき設計対象部品に関する制約条件及び該設計対象部品が目標とする目標条件の各々の満足度をメンバシップ関数として指標化する満足度変換手段と、前記制約条件及び目標条件の各メンバシップ関数を総合し、前記制約条件及び目標条件が適正な全体満足度を達成することができる最適解を設計対象部品の設計値として求める最適化手段とを備えたことを特徴とする設計支援装置を提供する。

【0008】上記構成の設計支援装置では、設計作業に

て取扱われる設計変数及び設計目標に関し、制約条件及び目標条件の満足度を表すメンバーシップ関数が設定される。制約条件は、設計上の制約より設定可能な設計対象部品の設計変数の範囲であり、例えば、エンジンマウントにあっては、部品寸法及び硬度などの制限を考慮した上で設定可能なエンジンマウントのばね定数の範囲、或いは、他部品との干渉や、エンジンから受ける熱の影響を考慮した上で設定可能なエンジンマウントの設置領域などが挙げられる。また、目標条件は、設計者が目標とする設計対象部品の性能目標、例えば、車体振動レベルの性能値等である。これらの条件は、概ね、設計者の経験的な知識や、技術的知見、或いは、人間の感覚に基づく評価などを規準として想定された理想状態を数値化し、この理想状態（例えば数値 1.0 に設定）に対する各条件の充足度を満足度（例えば、数値 0~1.0）によって表すことにより、具現化することができる。満足度は、ファジ理論によりメンバーシップ関数化され、かくして定義された制約条件及び目標条件の各メンバーシップ関数により、制約条件及び目標条件の各満足度を単一の規準にて総合評価するための指示値、即ち、メンバーシップ値が得られる。

【0009】上記設計支援装置は、上記満足度変換手段にて、かかる満足度をファジ数理計画法によりメンバーシップ関数化し、上記最適化手段にて、制約条件及び目標条件の各メンバーシップ関数を総合し、両メンバーシップ関数の総合評価により、制約条件及び目標条件の双方に関わる全体満足度を求め、適正な設計値、例えば、全体満足度を最大化し得る設計値を最適解として求める。かかる設計値の決定は、設計制約の達成度と性能目標の達成度との両立を図らんとする設計者の思考を実質的に反映している。従って、上記設計支援装置は、制約条件及び目標条件を適正に達成する合理的な設計対象部品の設計値を両条件のメンバーシップ関数の総合評価により求め、設計者の経験的知識、技術的知見又は人間の感覚などにに基づく具体的な指示値、即ち、満足度を介して、設計者の意図を間接的に部品設計に反映させる。

【0010】本発明の好ましい実施態様においては、上記最適化手段は、最小オペレータ法により、上記最適解を求める。最小オペレータ法により得られる最適解は、上記制約条件のメンバーシップ値と上記目標条件のメンバーシップ値の一方が、他方のメンバーシップ値を損なうことなく、最大化できる値であり、かかる手法による最適解の解法は、複数の条件の達成度を平均化し、全体性能の向上を図らんとする設計者の要望と一致している。

【0011】本発明の更に好ましい実施態様においては、経験則により得られた部品の制約条件及び／又は目標条件のデータを保有するデータ保管手段を有し、前記満足度変換手段は、該データ保管手段のデータに基づき、前記制約条件及び目標条件のメンバーシップ関数を自動設定する。本発明の更に好適な実施態様では、前記最

適化手段は、前記メンバーシップ関数の総合により得られた最適解を更に最適化すべく、前記メンバーシップ関数を自動修正するメンバーシップ関数修正手段を備える。かかる構成によれば、メンバーシップ関数修正手段が所定の法則でメンバーシップ関数を修正するので、最適解を得るための時間の短縮及び設計者の負担の軽減を図り得るとともに、最適解を求める段階において設計者の主観により判断される部分を減少させ、より客観的且つ規格化された最適化処理を実行することができる。

#### 【0012】

【実施例】以下、添付図面を参照して、本発明の好ましい実施例について詳細に説明する。図 1 は、本発明の実施例に係る設計支援装置を示す概略全体構成図である。設計支援装置 1 は、自動車又は車両の設計を支援するためのものであり、入出力装置、即ち、文字、符号又は図形等を表示する表示装置 2 と、指令、条件又はデータ類を入力するための入力装置 3 とを備えている。表示装置 2 及び入力装置 3 は、制御部 4 に接続され、制御部 4 は、データ類を格納した各種データベース、即ち、設計変数記憶部 5、制約・目標満足度記憶部 6 及び経験則記憶部 7 に接続されるとともに、演算処理又はデータ処理を行う各種処理部、即ち、満足度変換部 8、最適化処理部 9 及び性能予測部 10 に接続されている。

【0013】表示装置 2 は、一般的な CRT ディスプレイを備え、制御部 4 に入力する入力情報及び制御部 4 から出力される出力情報を表示する。また、制御部 4 は、入出力装置 2、3、各種データベース 5、6、7 及び各種処理部 8、9、10 を相互に接続し、指令及び情報の伝達等を行う。設計変数記憶部 5 は、各種設計変数、例えば、部品の搭載位置、搭載角度、ばね定数、減衰定数などに関するデータ類や、車体の全体構造及び各部構造などに関するデータ類などを記憶し、制約・目標満足度記憶部 6 は、設計上の制約条件及び期待される目標条件の各メンバーシップ関数に関するデータ類を記憶し、また、経験則記憶部 7 は、設計者の経験的な知識や、技術的感覚などにに基づく設計上の制約条件に関するデータ類を記憶している。

【0014】満足度変換部 8 は、経験則記憶部 7 からデータを読み出し、設計上の制約条件及び設計者が期待する目標条件に関し、メンバーシップ関数を夫々生成する。例えば、設計対象部品としてエンジンマウントを想定する。エンジンマウントは、一般にゴム製であり、エンジンマウントのばね定数（XYZ の各主軸方向）には、ゴム寸法及びゴム硬度などにより必然的に生じる制限、即ち、設計上の制約が課せられる。満足度変換部 8 は、かかる設計制約を記憶した経験則記憶部 7 のデータに基づき、エンジンマウントのばね定数に関する設計制約の満足度を各主軸方向のメンバーシップ関数として指標化する。

【0015】また、最適化処理部 9 は、制約条件及び目

標条件の全体的又は総合的な満足度を各メンバシップ関数により演算し、所望の全体満足度が得られる設計値を決定する。異なる要素、即ち、制約条件及び目標条件は、メンバシップ関数化されたことにより、実質的に同じ規準にて総合評価することが可能となり、かくして、制約条件及び目標条件の双方が全体的に望ましい結果を呈する部品の設計値を見出すことができる。

【0016】更に、性能予測部10は、入力装置3を介して入力された情報又は条件に基づき、或いは、最適化処理部10により決定された設計値に基づき、設計部品が車体の全体構造又は他の車体各部構造に与える影響を予測すべく、シミュレーションを行う。図2は、設計支援装置1による設計支援プロセスを全体的に示すフローチャートである。

【0017】設計者が、入力装置3によって設計変数を入力すると、制御部4は、制約・目標満足度記憶部6及び経験則記憶部7のデータを読み出し、満足度変換部8にデータを入力する(S1、S2)。満足度変換部8は、設計上の制約条件に関するメンバシップ関数を自動的に生成し、制御部4は、生成したメンバシップ関数を表示装置2に表示する(S2、S3)。設計者は、このメンバシップ関数を確認し、メンバシップ関数を修正又は変更する必要がある場合、入力装置2を介して、メンバシップ関数を修正又は変更する(S4)。

【0018】設計者が、設計上目標とする目標条件を入力装置3によって入力すると、制御部4は、制約・目標満足度記憶部6及び経験則記憶部7のデータを読み出し、満足度変換部8にデータを入力する(S5、S6)。満足度変換部8は、目標条件に関するメンバシップ関数を自動的に生成し、制御部4は、生成したメンバシップ関数を表示装置2に表示する(S6、S7)。設計者は、メンバシップ関数を確認し、メンバシップ関数を修正又は変更する必要がある場合、入力装置2を介して、メンバシップ関数を修正又は変更する(S8)。

【0019】制御部1は更に、設計変数記憶部5のデータを性能予測部10に入力し、性能予測部10は、車両の全体構成又は部品の周囲環境等を考慮した車両のシミュレーションを行い、シミュレーション結果を満足度変換部8に入力する(S9)。満足度変換部8は、シミュレーション結果及びメンバシップ関数を最適化処理部9に入力する(S10)。

【0020】図3は、制約条件及び目標条件の最適化方法を説明するための線図である。図3の線図において、縦軸は、メンバシップ値、即ち、満足度(1.0~0)を指示する。また、図3の横軸は、設計変数、例えば、ばね定数を指示するとともに、目標条件の判断基準を決定する変数(目標変数)、例えば、車体の振動レベルを指示する。最適解が最小オペレータ法により求められ、例えば、制約条件のメンバシップ関数Aと、目標条件のメンバシップ関数Bとの交点Dが、最適解として決定さ

れる。交点Dは、制約条件及び目標条件の一方を、他方の条件を著しく損なうことなく最大化できる満足度及び設計・目標変数の座標であり、これによって得られる満足度、即ち、全体満足度は、最適解と見做し得る。

【0021】最小オペレータ法を用いた理由は、以下の点にある。即ち、最小オペレータによる最大化決定法は、ファジィ制約・目標の中で、相対的に最も低い満足度を最大化するための決定手法である。これにより、設計制約と性能目標、或いは、複数の設計制約又は複数の性能目標の達成度が平均化され、従って、車両全体の性能の向上を図らんとする設計者の意図が反映される。また、最小オペレータを用いると、最適解の多くは、上述の如く、ファジィ制約・目標の交点上に存在すると見做し得る。一般に、最適解に対する制約条件の満足度のうち、相対的に最も低い満足度、或いは、相対的に満足度の最も低いもの同士が、全体性能の向上を妨げていると考えられる。従って、制約条件及び目標条件の満足度が相対的に低いものを見出すことにより、全体満足度と密接に関係する設計変数を比較的容易に認定でき、弱点の明確化及び適切な車体性能の改善を図り得る。なお、最適化計算にあたって、内接超球を利用した最適化計算手法を用いることにより、最適化計算を迅速化することができる。

【0022】図2において、最適化処理部9は、最適化計算を実行し(S11)、しかる後、性能予測部10は、最適化処理部9が決定した最適設計値に基づき、シミュレーションを行う。シミュレーション結果は、表示装置2に表示される。設計者は、設計値の適否を判断し(S12)、設計値が望ましい値であると判断した場合、設計支援装置1の操作を終了する。

【0023】他方、設計者は、上記設計値が設計者の意図を反映していないと判断した場合、関連条件の抽出及びメンバシップ関数の自動修正を指令する(S12)。最適化処理部9は、車体性能を更に向上させるべく、制約を緩和し得る特定の制約条件の因子を抽出し、抽出した因子に係るメンバシップ関数を自動修正する(S13、S14)。例えば、複数のエンジンマウントを備えた車両において、或る特定のエンジンマウントに係る制約条件を緩和することにより、全エンジンマウントが車体性能に与える影響を改善し得ることが経験的に認められる。最適化処理部9は、かかるエンジンマウントを特定し、図3に例示する如く、該エンジンマウントに係る制約条件のメンバシップ関数を破線Cで示すように修正し、再び最適化計算を実行する(S14、S11)。かかるメンバシップ関数の修正は、メンバシップ関数が概ね設計者の主観により決定される指標であり、従って、メンバシップ関数が必ずしも絶対的な指標ではないという点に鑑みてなされるものであり、最適化処理部9のメンバシップ関数修正手段は、設計者に主観に依らずに、修正すべきメンバシップ関数を制約条件(又は目標条

件)の特性及び種類に応じて決定し、より適正な最適化結果を得ることができるよう、特定の制約条件(又は目標条件)に係るメンバシップ関数を修正する。

【0024】最適化処理部9によって求められた最適な設計値、例えば、図3における制約条件及び目標条件の交点Eの座標に基づき、性能予測部10は、シミュレーションを行う。設計者は、表示装置2に表示されたシミュレーション結果に基づき、最適化処理部9が決定した設計値の適否を判断する(S12)。以下、かかる手順(S11~S14)は、必要に応じて、繰り返し実行され、ついには、設計者が意図する最適な設計値が設計支援装置1によって求められる。

【0025】次に、設計支援装置1にて行ったエンジンマウントの設計例に関し説明する。図4は、エンジンマウントの配置例を示す概略斜視図であり、図5は、エン

車両性能	
(振動)	アイドル振動
	エンジン振動(中低速シェーク)
	加速ショック
(騒音)	エンジン騒音
	こもり音(booming noise)

上表から明らかな通り、エンジンマウント11~14には、エンジンの振動を遮断又は緩衝する柔特性のみならず、エンジンの変位を抑制し得る剛特性が要求される。エンジンマウント11~14は、硬軟特性以外の各種特性に関しても、車両性能に応じた様々な特性を要求されるが、本例では、エンジンマウントに関連する以下の2つの車両特性、即ち、アイドル振動及び中低速シェークに関し、上記設計支援装置1によるシミュレーション及びばね定数設計値の最適化を行った。なお、アイドル振動は、エンジンEのアイドル運転時に、エンジンEの振動によって発生する車体振動であり、中低速シェーク(エンジン振動)は、車両におけるタイヤのアンバランスなどにより発生し且つエンジンEの剛体共振を伴う車体振動である。

【0027】図5には、シミュレーションの計算に用いた車両モデルが示されている。この車両モデルでは、エンジンE、エンジンマウント11~14、車体B、サスペンションS、タイヤTが、減衰モデルとして示されている。性能予測部10によるシミュレーションによって得られた結果が、図6及び図7に示されている。シミュレーションにて得られた各数値は、車体床部の加速度レベルである。なお、図6及び図7において、100dBは $9.8\text{ m/s}^2$ に相当する。

【0028】かかるシミュレーションに基づき、最適化計算を行うために、例えば、以下の如き目標条件及び制約条件を設定し、設計支援装置1に入力した。

目標条件：アイドル振動を20~30Hzの領域で約10乃至15dB低減するとともに、15Hz前後の中低速シェークを可及的に抑制する。

ジンマウントと車体との位置関係を示す概略斜視図である。第1乃至第4のエンジンマウント11、12、13、14がエンジンEの所定位置に配置される。エンジンマウント11~14はゴムなどの弾性緩衝材を備えており、車両の騒音・振動源を構成するエンジンEは、エンジンマウント11~14を介して車体Bに支持される。エンジンマウント11~14の設計変数として、搭載位置、搭載角度、ばね定数、減衰定数などが挙げられ、これらの設計変数は、3次元方向成分、即ち、上下方向(Z軸方向)、車幅方向(X軸方向)及び車長方向(Y軸方向)の各々について定義される。また、設計変数は、多種の車両性能と関係しており、例えば、エンジンマウント11~14のばね特性と車両性能との関係は、以下の通り例示される。

【0026】

#### エンジンマウント特性(硬軟)

軟(ソフト)
硬(ハード)
硬(ハード)
軟(ソフト)
軟(ソフト)

制約条件：使用される設計変数は、4つのエンジンマウント11~14の各軸方向(XYZ)のばね定数であり、合計12の設計変数が用いられる。なお、ばね定数には、周波数依存性はないものとする。

【0029】図8は、アイドル振動の低減に係る上記目標条件をメンバシップ関数にて表す線図である。また、図9は、中低速シェークの抑制に係る目標条件をメンバシップ関数にて表す線図である。更に、図10は、エンジンマウント11に関して定義された制約条件のメンバシップ関数を示す線図である。図8に示す如く、設計支援装置1は、満足度変換部8により、アイドル振動の低減に係るメンバシップ関数を20、25、30Hzの3つの周波数について設定し、また、図9に示す如く、中低速シェークの抑制に係るメンバシップ関数を、13、15、17Hzの3つの周波数について設定する。

【0030】また、設計支援装置1は、満足度変換部8により、エンジンマウント11に関するメンバシップ関数を、図10に示す如く上下方向(Z軸方向)、車幅方向(X軸方向)及び車長方向(Y軸方向)の各成分に関して設定する。設計支援装置1は、目標条件のメンバシップ関数(図8及び図9)と、制約条件に関するメンバシップ関数(図10)とに基づき、最適化処理部9により最適化計算を行い、最適化により得られた設計値に基づき、性能予測部10によりシミュレーションを行った。この結果、図11及び図12に示す振動レベル(加速度レベル)の特性が得られた。図11及び図12には、最適化計算前のシミュレーション結果、即ち、図6及び図7に示す加速度レベルが実線で示され、最適化計算の結果得られた加速度レベルが破線で示されている。

【0031】また、上記最適化計算により得られた制約条件及び目標条件の各満足度の値を、昇順（小さい順）

にて以下に示す。なお、下表において、Nb.1乃至Nb.4は、エンジンマウント11乃至14を夫々示す。

制約条件			目標条件		
Nb.1	上下方向	0.18	アイドル振動（30Hz）	0.18	
Nb.3	上下方向	0.18	中低速シェーク（15Hz）	0.26	
Nb.4	車幅方向	0.21	中低速シェーク（17Hz）	0.27	
Nb.1	車幅方向	0.36	アイドル振動（20Hz）	0.38	
Nb.4	車長方向	0.38	中低速シェーク（13Hz）	0.67	
.	.	.	アイドル振動（25Hz）	0.77	
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

上表から明らかな通り、エンジンマウント11（Nb.1）及びエンジンマウント13（Nb.3）の上下方向の設計値（ばね定数）により、周波数30Hzにおけるアイドル振動性能の向上が妨げられていると考えられる。従って、制約条件の満足度が比較的接近した値であるエンジンマウント14（Nb.4）に関し、車幅方向の制約を緩和し、最適化計算を再度行った。これによって得られた振動特性が、図13及び図15に示されている。図13及び図14には、当初の最適化により得られた振動特性が実線で示され、再度の最適化により得られた振動特性が破線で示されている。図13及び図14に示されるように、再度の最適化結果では、当初の最適化結果に比べ、アイドル振動性能は全体的に向上するとともに、15Hz付近の中低速シェークが若干低下した。他方、当初の最適化結果では比較的満足度が高い13Hz付近の中低速シェーク特性が、若干悪化している。しかしながら、このような変化は、性能目標の達成が適正に行われた結果によるものであると考えられる。

【0032】このように、上記設計支援装置1は、満足度変換部8にて、制約条件及び目標条件の各満足度をファジィ数値計画法によりメンバシップ関数化する。設計支援装置1は更に、上記最適化処理部9にて、制約条件及び目標条件の各メンバシップ関数を総合し、両メンバシップ関数の総合評価により、制約条件及び目標条件の双方に関わる全体満足度を求めるとともに、最小オベレータ法により全体満足度を最大化し得る設計値を最適解として求める。かかる設計値の決定は、設計制約の達成度と性能目標の達成度との両立を図る設計者の思考と実質的に相応している。かくして、設計支援装置1は、設計者の経験的知識、技術的知見又は人間の感覚などに基づく具体的な指示値、即ち、満足度を介して、設計者の意図を自動車等の部品設計に反映させることができる。

【0033】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明によれば、制約条件及び目標条件を適正に達成する合理的な設計対象部品の設計値を求め、これにより、設計者の意図を部品設計に反映させることができる設計支援装置を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に係る設計支援装置の概略全体構成図である。

【図2】設計支援装置による設計支援プロセスを示すフローチャートである。

【図3】制約条件及び目標条件の最適化方法を説明するための線図である。

【図4】エンジンマウントの配置例を示す概略斜視図である。

【図5】エンジンマウントと車体との位置関係を示す概略斜視図である。

【図6】最適化計算前におけるアイドル振動特性のシミュレーション結果を示す線図である。

【図7】最適化計算前における中低速シェーク特性のシミュレーション結果を示す線図である。

【図8】アイドル振動特性に係る目標条件をメンバシップ関数にて表す線図である。

【図9】中低速シェーク特性に係る目標条件をメンバシップ関数にて表す線図である。

【図10】エンジンマウントNb.1に関して定義された制約条件のメンバシップ関数を示す線図である。

【図11】最適化計算後のアイドル振動特性のシミュレーション結果を示す線図である。

【図12】最適化計算後の中低速シェーク特性のシミュレーション結果を示す線図である。

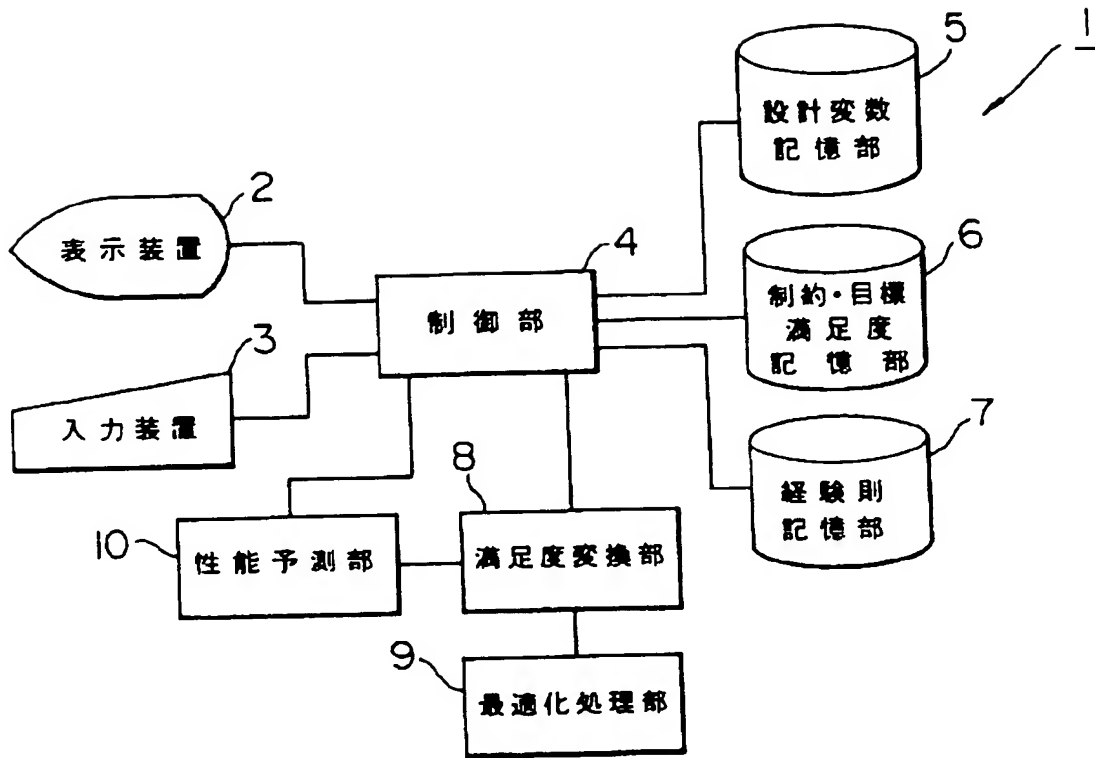
【図13】再度の最適化計算により得られたアイドル振動特性のシミュレーション結果を示す線図である。

【図14】再度の最適化計算により得られた中低速シェーク特性のシミュレーション結果を示す線図である

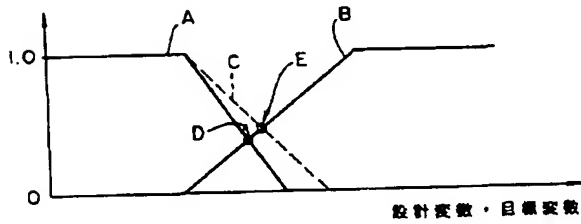
【符号の説明】

- 1 設計支援装置
- 2 表示装置
- 3 入力装置
- 4 制御部
- 5 設計変数記憶部
- 6 制約・目標条件記憶部
- 7 経験則記憶部
- 8 満足度変換部
- 9 最適化処理部
- 10 性能予測部

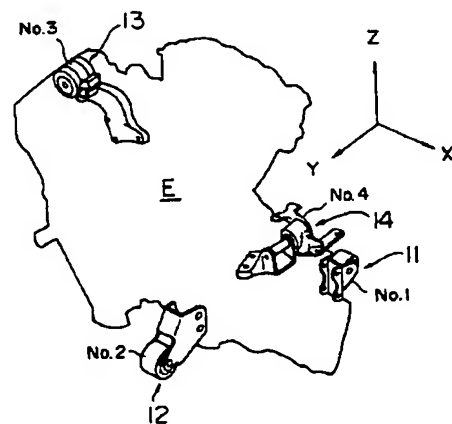
【図1】



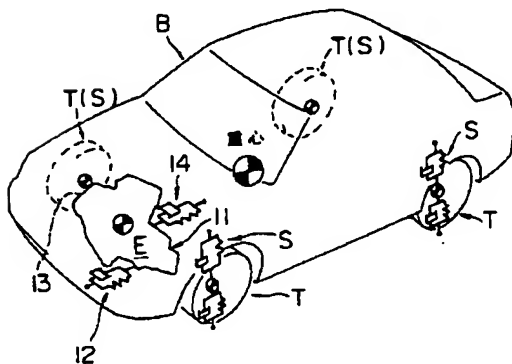
【図3】



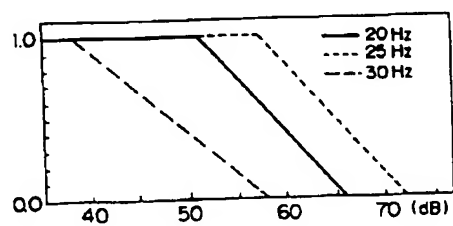
【図4】



【図5】

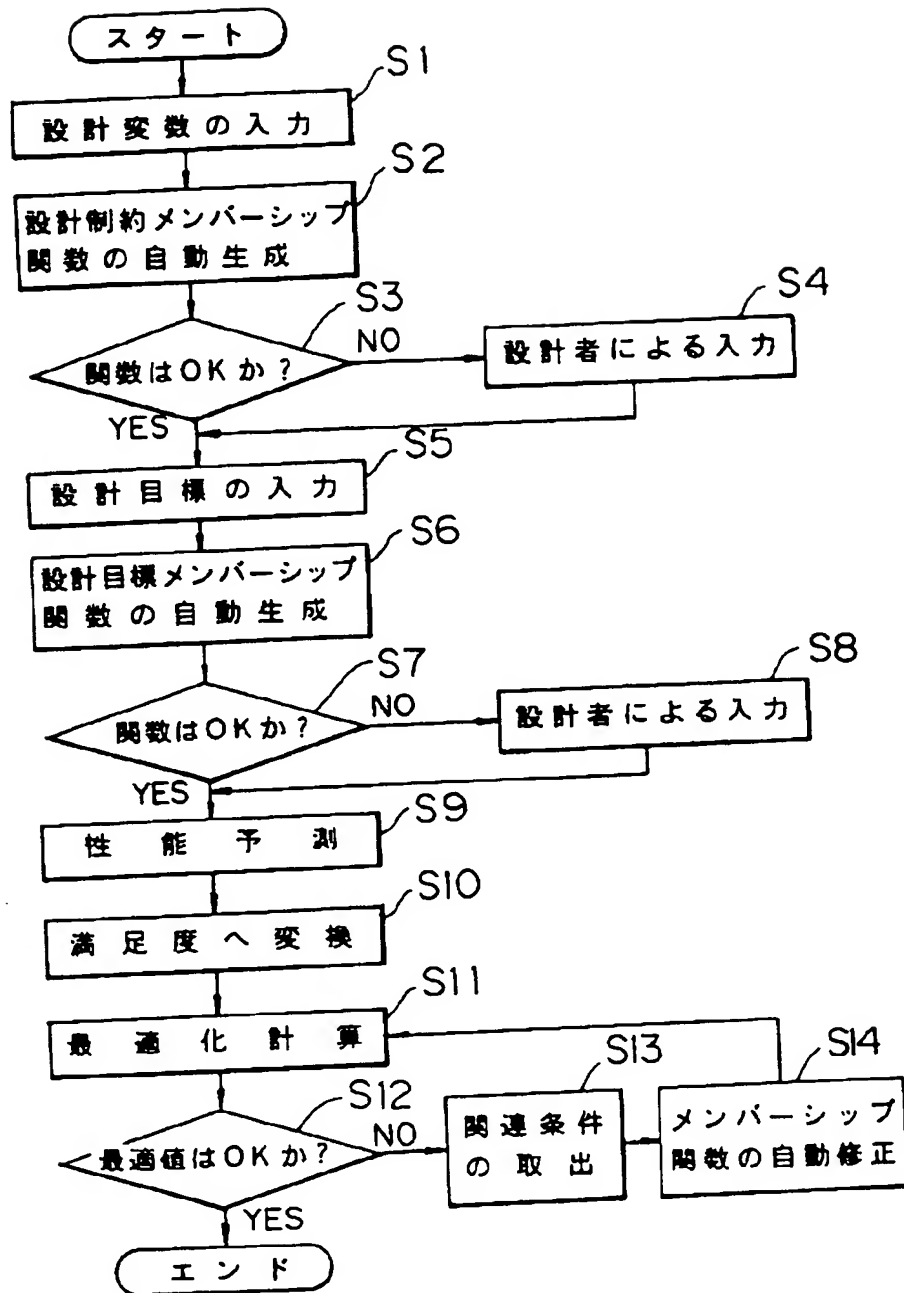


【図8】

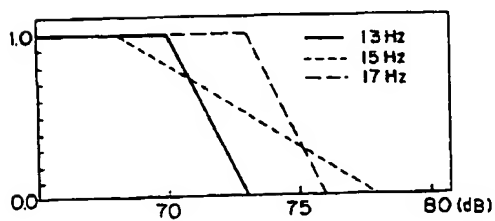




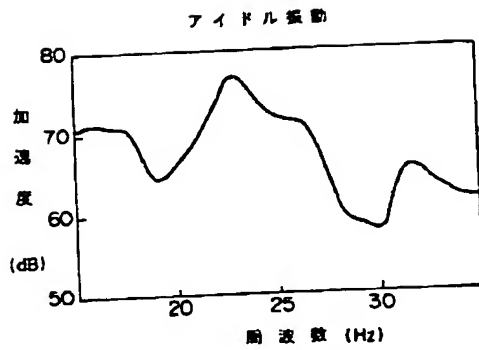
【図2】



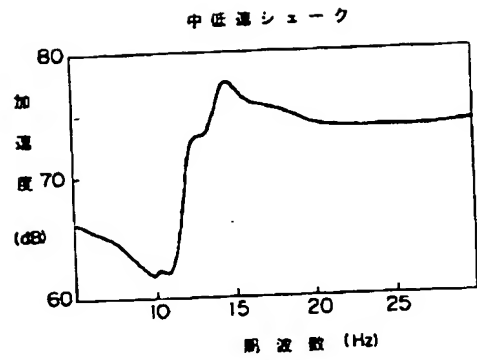
【図9】



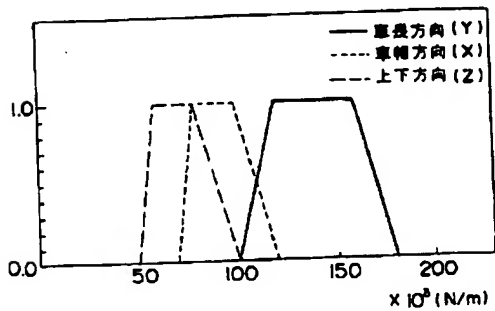
【図6】



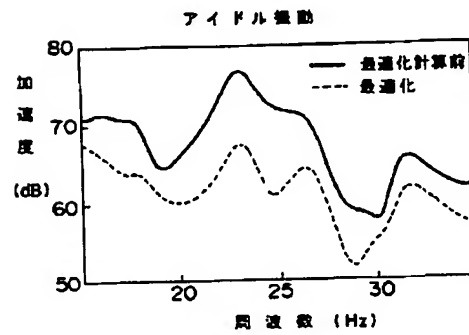
【図7】



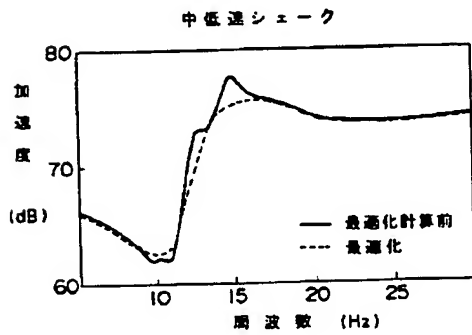
【図10】



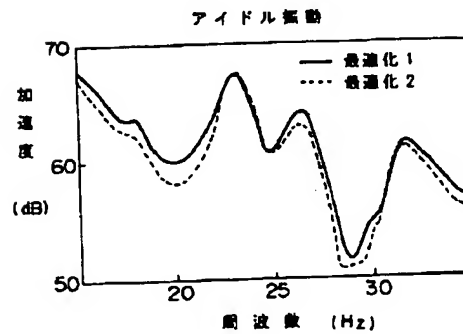
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

